

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

(10) DE 101 53 188 A 1

(5) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 04 R 5/04**  
H 04 R 3/00  
H 04 B 3/20  
H 04 M 9/08

(21) Aktenzeichen: 101 53 188.5  
(22) Anmeldetag: 27. 10. 2001  
(23) Offenlegungstag: 8. 5. 2003

(71) Anmelder:  
GRUNDIG Aktiengesellschaft, 90471 Nürnberg, DE

(72) Erfinder:  
Buchner, Herbert, Dipl.-Ing., 93152 Nittendorf, DE;  
Kellermann, Walter, Prof.Dr.-Ing., 90542 Eckental,  
DE

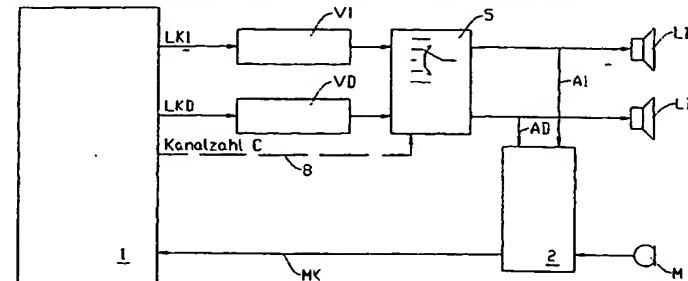
(56) Entgegenhaltungen:  
WO 97 31 439 A1  
Shoji Makino: Stereophonic acoustic echo cancellation: An overview and recent solutions. In: Acoustical Science & Technology (Japan), Vol. 22, Sept. 2001, S. 325-333;

## Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Vorrichtung und Verfahren zur mehrkanaligen akustischen Echokompensation mit variabler Kanalzahl

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Mehrkanal-Voll-duplex-Audiosignalübertragungssystem mit einem zur mehrkanaligen akustischen Echokompensation dienenden adaptiven Filter (2), wobei zwischen Vorverarbeitungseinheiten (V1, ..., VD) und Lautsprechern (L1, ..., LD) eine Kanalkombinationsvorrichtung (5) vorgesehen ist, in der jeweils mehrere ( $C < D$ ) Lautsprecher mit ein und derselben Vorverarbeitungseinheit verbindbar sind, wodurch die verbleibenden D-C Vorverarbeitungseinheiten von den Lautsprechern (L1, ..., LD) entkoppelbar sind und wodurch sich eine Optimierung des Konvergenzverhaltens der adaptiven Anpassung von Filterkoeffizienten im adaptiven Filter (2) ergibt.



## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur mehrkanaligen, akustischen Echokompensation mit variabler Kanalzahl, wie sie insbesondere für akustische Mensch-Maschine-Schnittstellen mit Freisprecheinrichtung und mehrkanaliger Audioausgabe verwendet werden, um eine Mehrkanal-Voll duplex-Kommunikation zu ermöglichen.

[0002] In dem Übersichtsartikel "Stereophonic Acoustic Echo Cancellation – An Overview of the Fundamental Problem", IEEE Signal Processing Letters, Vol. 2, Nr. 8, August 1995, von M. Mohan Sondhi et al., ist die Grundproblematik der akustischen Echokompensation ausführlich beschrieben:

[0003] Verwendet man bei akustischen Mensch-Maschine-Schnittstellen, wie z. B. Mikrofonen und Lautsprechern bei Videokonferenzsystemen oder Telefonkonferenzsystemen, nur einen einzelnen Voll duplex-Audiokanal für die bidirektionale Sprachübertragung zwischen einer ersten sowie einer zweiten Audio-Sende- und Empfangseinheit, so lässt sich durch die Verwendung adaptiver Filter eine akustische Echokompensation durchführen, um unerwünschte Echos zu unterdrücken, die aus einer Rückkopplung zwischen Lautsprechern und Mikrofonen jeweils in der ersten und der zweiten Audio-Sende- und Empfangseinheit auftreten.

[0004] Bei herkömmlichen, einkanaligen, akustischen Echokompensatoren reicht die Verwendung eines einzelnen FIR-(finite impulse response)-Filters mit adaptiv anpassbaren Filterkoeffizienten aus, um die akustische Impulsantwort des Echopads zu modellieren. Ein von dem adaptiven Filter modelliertes Schätzsignal für das Echo wird sodann von dem tatsächlichen Echosignal abgezogen, und es ergibt sich ein Fehlersignal, welches durch permanente, adaptive Nachregelung der Filterkoeffizienten permanent an die sich möglicherweise im Lauf der Zeit ändernden Echopfade angepasst wird, damit das Fehlersignal fortlaufend möglichst klein gehalten wird.

[0005] Insbesondere bei Videokonferenz- oder Telefonkonferenzübertragungen kann es aber wünschenswert sein, durch Verwendung mehrerer akustischer Übertragungskanäle (mit jeweils mindestens einem zugeordneten Mikrofon und jeweils mindestens einem zugeordneten Lautsprecher) ein möglichst raumtreues Klangbild von einer ersten zu einer zweiten Audio-Sende- und Empfangseinheit zu übertragen. Dies ist z. B. interessant, wenn sich mehrere Sprecher in einem ersten Raum befinden, von dem Sprechschall zu einem Empfänger in einem zweiten Raum übertragen werden soll. Verwendet man dabei zwei oder mehr akustische Übertragungskanäle zu einem zweiten Raum, wo sich ein Zuhörer befindet, so erhält dieser ein Stereo- bzw. Multikanalklangbild aus dem ersten Raum, was ihm z. B. die Zuordnung des Sprechschalls zu den einzelnen Sprechern erleichtert.

[0006] Wie neben dem obengenannten Übersichtsartikel z. B. auch in "Stereo Projection Echo Canceller with True Echo Path Estimation", Proc. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP 95), Detroit, MI, USA, S. 3059–3062, Mai 1995, von S. Shimauchi et al. oder "A better understanding and an improved solution to the problems of stereophonic acoustic echo cancellation", Proc. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP 97), München, S. 303–306, April 1997 von J. Benesty et al. erläutert, treten bei der Stereo- oder Multikanal-Echokompensation jedoch aufgrund der wechselseitigen Beeinflussung der einzelnen Übertragungskanäle untereinander eine Reihe von

zusätzlichen Problemen gegenüber der Monokanalsituation auf, wo ein einzelnes, adaptives Filter für die Echokompensation ausreicht.

[0007] Verschiedene Lösungsansätze für im Mehrkanalfall auftretende Probleme sind insbesondere in dem Artikel "Stereophonic Acoustic Echo Cancellation – An Overview and Recent Solutions"; Proc. 6<sup>th</sup> Int. Workshop on Acoustic Echo and Noise Control, Pocono Manor, PA, USA, S. 12–19, September 1999 von S. Makino et al. erläutert. Im einzelnen handelt es sich dabei um: Hinzufügung von statistisch unabhängigem Rauschen in Kreuzkorrelation; nichtlineare Signalverarbeitung; die Verwendung von Dekorrelationsfiltern; die Verwendung verschiedener, zeitvariabler Filtertechniken, und die Verwendung spezieller, adaptiver Algorithmen in den Filtern.

[0008] Insbesondere ist im Mehrkanalfall nach heutigem Kenntnisstand eine Signalverarbeitung zur teilweisen (nicht wahrnehmbaren) Dekorrelation der Lautsprecher signalfötig, um eine eindeutige Konvergenz von adaptiven Filtern zu den wahren Raumimpulsantworten zu ermöglichen. Wie bereits ausgeführt, besteht die Grundidee der Echokompensation darin, Echopfade, die sich durch das Zusammenspiel von bestimmten Lautsprechercharakteristiken, einer bestimmten Raumakustik und einer bestimmten Mikrofoncharakteristik ergeben, mit digitalen Filterstrukturen nachzubilden.

[0009] Dies soll im folgenden anhand Fig. 3 eingehender erläutert werden: Bei der dort gezeigten Echokompensationsvorrichtung nach dem Stand der Technik werden von einer Mehrkanal-Audiosignalverarbeitungseinheit 1 ausgegebene Audiosignale über getrennte Lautsprecherkanäle LK1, . . . , LKD auf zugeordnete Lautsprecher L1, . . . , LD gegeben. Auf jeder Laufstrecke der Lautsprecherkanäle LK1, . . . , LKD befindet sich jeweils eine kanalspezifische Vorverarbeitungseinheit V1, . . . , VD. Die über die Vorverarbeitungseinheiten V1, . . . , VD laufenden Audiosignale können dort jeweils individuell kanalspezifisch verzerrt werden.

[0010] Die den Lautsprecherkanälen LK1, . . . , LKD jeweils individuell zugeordneten Lautsprecher L1, . . . , LD strahlen den eingehenden Audiosignalen entsprechende, akustische Signale in den umgebenden Raum ab.

[0011] Weiter ist ein Mikrofon M vorgesehen, welches als Eingabeschnittstelle für akustische Signale dient, wie z. B. Sprechgeräusche, von einer in das Mikrofon sprechenden Person.

[0012] Das Mikrofon M setzt die eingehenden, akustischen Signale in Mikrophonsignale um, die zur weiteren Verarbeitung zur Mehrkanal-Audiosignalverarbeitungseinheit 1 über einen Mikrofonkanal MK zurückgegeben werden.

[0013] Die von den Lautsprechern L1, . . . , LD abgestrahlten, akustischen Signale überlagern sich in Abhängigkeit von den Strukturen des Raumes, in dem die Lautsprecher L1, . . . , LD aufgestellt sind, und werden ebenfalls von dem Mikrofon M eingefangen.

[0014] Dadurch kommt es zu Echosignalen, weil die von den Lautsprechern L1, . . . , LD abgestrahlten, akustischen Signale von dem Mikrofon M eingefangen und von dort auf die Mehrkanal-Audiosignalverarbeitungseinheit 1 gegeben werden, von wo sie unter Umständen abermals auf die Lautsprecher L1, . . . , LD gegeben werden.

[0015] Die Grundidee der Echokompensation ist es, die sich aus dem Zusammenspiel der von den Lautsprechern L1, . . . , LD abgestrahlten, akustischen Signale und deren sich durch die räumlichen Ausbreitungsbedingungen vorgegebenen, unterschiedlichen Laufwege zum Mikrofon M und den Mikrofoncharakteristika ergebenden "Echopfade" durch digitale Filterstrukturen zu kompensieren. Dies ge-

schieht dadurch; dass solche digitalen Filterstrukturen Schätzsignale für die durch die Echopfade zu erwartenden Echosignale erzeugen und die Schätzsignale vom Mikrophonsignal substriahiert werden, welches die tatsächlichen Echosignale enthält.

[0016] Bei exakter Übereinstimmung der realen Raumimpulsantworten mit den den digitalen Filterstrukturen zugrundegelegten Filtermodellen würden dann jeweils die Echosignale im Mikrophonsignal ausgelöscht.

[0017] Da die Echopfade im allgemeinen eine sehr komplexe, nicht von vornherein bekannte und sich zudem in der Regel zeitlich veränderbare Struktur aufweisen, müssen die Echopfade laufend neu, d. h. adaptiv identifiziert werden.

[0018] Dazu dient das in Fig. 3 gezeigte, adaptive Filter 2: Diesem werden die über die Kanäle LK1, ..., LKD auf die Lautsprecher L1, ..., LD gegebenen Audiosignale über Abzweigleitungen A1, ..., AD zugeführt. Im adaptiven Filter 2 werden die über die Abzweigleitungen A1, ..., AD zugeführten Audiosignale nach bestimmten Adaptionsalgorithmen mit zu optimierenden Gewichtungskoeffizienten (Filterkoeffizienten) superponiert. Die adaptive Anpassung beruht dabei auf mathematischen Modellen, die eine Anpassung der temporär gültigen Filterkoeffizienten an die temporär geltenden Echopfadbedingungen vorsehen.

[0019] Um im Mehrkanalsall eine eindeutige Konvergenz der Filterkoeffizienten zu den wahren Raumimpulsantworten zu ermöglichen, wird die nach heutigem Kenntnisstand (vgl. z. B. den oben genannten Artikel von J. Benesty et. al.) notwendige Signalvorverarbeitung zur teilweisen (akustisch nicht wahrnehmbaren) Dekorrelation der Lautsprechersignale in den in Fig. 1 gezeigten Vorverarbeitungseinheiten V1, ..., VD durchgeführt.

[0020] Es kann jedoch theoretisch und experimentell gezeigt werden, dass trotz dieser Vorverarbeitung der Aufwand für die Echokompensation mit zunehmender Kanalzahl im allgemeinen zunimmt und das Konvergenzverhalten der im adaptiven Filter zu überlagernden Einzelkanalsignale schlechter wird. Werden D unterschiedliche Vorverarbeitungseinheiten eingesetzt, so führt dies zu sehr langsamer Konvergenz der Filterkoeffizienten, wenn die tatsächliche Kanalzahl C des Audiosignals kleiner ist als die tatsächliche Kanalzahl D, also  $C < D$ . Dieser Fall ist typisch für den Einsatz bei Multimedia-Endgeräten (z. B., wenn ein Multimedia-Endgerät als Stereo-Fernsehgerät verwendet wird, mit dem eine Sendung angesehen wird, bei der der Ton nur mit einem Monokanal aufgezeichnet ist).

[0021] Die Durchführung einer mehrkanaligen Echokompensation für akustische Schnittstellen bei Multimedia-Endgeräten ist eine relativ neue Anwendung. Konventionelle Ansätze für Telefonkonferenzanwendungen sehen eine feste Kanalzahl D für die Audiosignale vor.

[0022] Das relativ langsame Konvergenzverhalten entsteht in diesem Fall durch die unnötig langsame Dekorrelation von ursprünglich exakt gleichen Audiosignalen, die über getrennte Audiokanäle geführt werden.

[0023] Ein aus dem bereits oben als Stand der Technik zitierten Artikel von J. Benesty et. al. bekannter Lösungsansatz sieht D gleiche, nichtlineare Vorverarbeitungseinheiten vor, wodurch das genannte Problem abgeschwächt wird. Allerdings werden damit auch die Dekorrelationsmöglichkeiten in Fällen, in denen sie gebraucht werden, eingeschränkt, insbesondere, wenn sich die Signale der einzelnen Kanäle vorwiegend in ihren Pegeln unterscheiden (z. B. bei Intensitätsstereophonie).

[0024] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, die Nachteile der aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen zur mehrkanaligen, akustischen Echokompensation mit variabler Kanalzahl zu überwinden.

[0025] Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur mehrkanaligen, akustischen Echokompensation mit variabler Kanalzahl für den Fall bereitzustellen, bei der die tatsächlich benutzte Kanalzahl C kleiner ist als die Anzahl D der tatsächlich vorhandenen Kanäle, und wobei die aus dem Stand der Technik in Verbindung mit der Dekorrelation auftretenden Probleme vermieden werden.

[0026] Weiterhin ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Verfahren zur mehrkanaligen Echokompensation für den Fall bereitzustellen, dass die benutzte Kanalzahl C kleiner ist als die Anzahl D der tatsächlich vorhandenen Kanäle.

[0027] Erfindungsgemäß werden diese Aufgaben durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 sowie ein Verfahren nach Anspruch 5 gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

[0028] Der erfindungsgemäß Ansatz zur Echokompensation bei der Wiedergabe von C-kanaligen Audiosignalen auf einem D-Kanalsystem ( $C < D$ ) nutzt die Tatsache aus, dass die Kanalzahl des Audiosignals bekannt ist (z. B. beim Vorliegen von Stereoinformationen in einem Fernsehsignal). Es ist daher möglich, nur die  $C < D$  tatsächlich benutzten Audiokanäle durch unabhängig arbeitende Vorverarbeitungseinheiten zu dekorrelieren. Die verbleibenden D-C Lautsprechersignale werden dann lediglich mit einem der C tatsächlich benutzten Audiokanäle kombiniert (z. B. werden im Monofall die beiden Lautsprechersignale mit dem Kanal 1 eines Stereosystems verbunden).

[0029] Die Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Erläuterung von bevorzugten Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen.

[0030] Es zeigen:

[0031] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur mehrkanaligen Echokompensation;

[0032] Fig. 2 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur mehrkanaligen Echokompensation;

[0033] Fig. 3 eine schematische Darstellung einer bekannten Vorrichtung zur mehrkanaligen Echokompensation nach dem Stand der Technik.

[0034] Nachfolgend wird eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Echokompensation beispielhaft anhand der Fig. 1 erläutert.

[0035] Darin sind Elemente, die bereits in Verbindung mit dem Stand der Technik nach Fig. 3 erläutert worden sind, mit identischen Bezugssymbolen wie in Fig. 3 versehen und werden im folgenden nicht eingehender erläutert.

[0036] Zusätzlich zu den in Fig. 3 gezeigten Elementen weist die in Fig. 1 gezeigte, erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung noch eine Kanalkombinierungsvorrichtung 5 auf, welche zwischen den D Vorverarbeitungseinheiten V1, ..., VD und den zum adaptiven Filter 2 führenden Abzweigleitungen A1, ..., AD vorgesehen ist.

[0037] Weiterhin ist eine Datenleitung 8 zwischen der Mehrkanal-Audiosignalverarbeitungseinheit 1 und der Kanalkombinierungsvorrichtung 5 vorgesehen. Über die Datenleitung 8 übermittelt die Mehrkanal-Audiosignalverarbeitungseinheit 1 an die Kanalkombinierungsvorrichtung 5 die Zahl C der tatsächlich zu verwendenden Kanäle, welche kleiner sein kann, als die Zahl D der insgesamt tatsächlich vorhandenen Kanäle.

[0038] Mittels der Kanalkombinierungsvorrichtung 5 werden jeweils mehrere Lautsprecher, die genau dieselben Audiosignale erhalten sollen, mit einer einzelnen, gemeinsamen Zuleitung verbunden, und zwar nach Maßgabe der von der

Mehrkanal-Audiosignalverarbeitungseinheit 1 an die Kanalkombiniervorrichtung 5 übermittelten Zahl C von tatsächlich zu benutzenden Kanälen. Durch die Kanalkombiniervorrichtung 5 werden dann die nicht benötigten D-C Vorverarbeitungseinheiten von den Lautsprechern entkoppelt. Im allgemeinsten Fall wird dies durch einfaches Verbinden von jeweils mehreren Lautsprechern mit einer Zuleitung in der Kanalkombiniervorrichtung 5 erreicht. Damit werden die nicht benötigten D-C Vorverarbeitungseinheiten von den Lautsprechern entkoppelt.

[0039] Mit anderen Worten:

Über die D Lautsprecherkanäle LK1, ..., LKD von der Mehrkanal-Audiosignalverarbeitungsanlage 1 eingehende Lautsprecherkanalsignale LS1, ..., LSD werden in der Kanalkombiniervorrichtung 5 durch Überlagern einzelner Lautsprechersignale miteinander so kombiniert, dass am Ausgang der Kanalkombiniervorrichtung nur noch  $C < D$  eigenständige Ausgabesignale vorliegen.

[0040] Dies sei an folgendem Beispiel erläutert:

Im Falle einer Reduktion von sieben eingehenden Lautsprecherkanalsignalen LS1, LS2, LS3, LS4, LS5, LS6, LS7 auf vier Signale LS1, LS23, LS4, LS567 werden die eingehenden Lautsprecherkanalsignale LS1 und LS4 unverändert gelassen, wohingegen die Lautsprecherkanalsignale LS2 und LS3 zu einem Signal LS23 kombiniert werden und die Lautsprecherkanalsignale LS5, LS6 und LS7 zu einem Signal LS567. Diese vier ausgehenden Signale LS1, LS23, LS4 und LS567 können dann z. B. wieder auf die in diesem Falle vorgesehenen sieben Lautsprecher wie folgt gegeben werden:

LS1 auf L1, LS23 auf L2 und auf L3, LS4 auf L4, LS567 auf L5, L6 und L7.

[0041] Mit den erfindungsgemäßen Maßnahmen werden die zusätzlichen Konvergenzprobleme der Filterkoeffizienten vermieden, die sich bei der konventionellen, mehrkanaligen Echokompensation mit Lautsprechersignalen bei reduzierter Kanalzahl ergeben.

[0042] Bei Verwendung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Mehrkanal-Echokompensation, bei der mittels einer Kanalkombiniervorrichtung nur  $C < D$  Audiokanäle tatsächlich benutzt werden, kann also mit einem D-kanaligen Echokompensator ( $D > C$ ) eine mit einem herkömmlichen, nur C-kanaligen Echokompensator vergleichbare Leistungsfähigkeit erreicht werden. Dies alles ist bei einem äußerst geringen Zusatzaufwand möglich, nämlich der Bereitstellung der besagten Kanalkombinationsvorrichtung 5.

[0043] Der erfindungsgemäße Ansatz ist dabei unabhängig vom tatsächlich eingesetzten Adoptionsalgorithmus, der tatsächlich eingesetzten Vorverarbeitungsmethode und der Kanalzahl D des Systems.

[0044] Zur Echokompensation bei C Kanälen werden in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung maximal C der tatsächlich vorhandenen D Vorverarbeitungseinheiten eingesetzt.

[0045] Zur Erzielung maximaler Effizienz sollten dabei genau C unterschiedliche Vorverarbeitungseinheiten eingesetzt werden.

[0046] Eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Echokompensation wird anhand der Fig. 2 näher erläutert.

[0047] Bei dieser Ausführungsform sind die in Fig. 1 gezeigten Elemente ergänzt um einen Zwischenpuffer 6 sowie eine Transferlogik 7. Der Zwischenpuffer 6 steht über eine bidirektionale Busleitung 9 mit einer Transferlogik 7 in Verbindung, und diese wiederum über eine bidirektionale Busleitung 10 mit dem adaptiven Filter 2. Zusätzlich steht die Transferlogik 7 über eine unidirektionale Busleitung 11 mit der Kanalkombiniervorrichtung 5 in Verbindung.

[0048] Der Zwischenpuffer 6 dient zur Speicherung geschätzter Impulsantworten, die von dem adaptiven Filter 2 vorab ermittelt worden sind und von dieser über die bidirektionale Busleitung 10 in die Transferlogik 7 und von dort über die bidirektionale Busleitung 9 in den Zwischenpuffer 6 transportiert worden sind.

[0049] Bei einem System mit D Lautsprecherkanälen und einem adaptiven Filter 2, in dem für jeden Lautsprecherkanal eine Anzahl L von Filterkoeffizienten vorgeschen ist, muß in dem Zwischenpuffer 6 genügend Speicherplatz vorhanden sein, um für die maximal benutzte Anzahl von D Kanälen jeweils L Filterkoeffizienten ablegen zu können, d. h. es muß die Möglichkeit bestehen, DL geschätzte Impulsantworten (Filterkoeffizienten) abzulegen.

[0050] Über die Busleitung 11 erhält die Transferlogik 7 von der Kanalkombinationsvorrichtung 5 die Zahl C der aktuell benutzten Kanäle, die kleiner oder gleich der Zahl D der tatsächlich zur Verfügung stehenden Kanäle ist.

[0051] Der Sinn einer solchen Zwischenspeicherung von geschätzten Impulsantworten (Filterkoeffizienten) ist folgender: wechselt man von einer während einer Betriebsphase a ursprünglich benutzten Anzahl von Kanälen X auf eine dazu verschiedene und während einer Betriebsphase b benutzte Anzahl Y von Kanälen und dann wieder während einer anschließenden Betriebsphase c zurück auf die Anzahl X von Kanälen, so soll zu Beginn der Betriebsphase c auf die zum Ende der Betriebsphase A bereits verwendeten Filterkoeffizienten zurückgegriffen werden können, als Startwerte für eine aufgrund von zwischenzeitlich eventuell stattgefundenen Änderungen in der Raumakustik notwendige, erneute, adaptive Anpassung.

[0052] Um diese Vorgehensweise besser verständlich zu machen, sei beispielhaft folgendes Szenario diskutiert: Bei einem Multimedia-Fernseh-System mit 5-Kanal-Dolby-Surround-Tonanlage werden bestimmte Fernsehsendungen (z. B. Spielfilme) mit 5-Kanalton empfangen. Andere Fernsehsendungen (z. B. Werbung oder Nachrichtensendungen) werden z. B. jedoch nur mit 2-Kanalton oder gar nur mit 1-Kanalton (Mono) empfangen. Die reduzierte Anzahl von Tonkanälen wird dann gleichwohl über die 5-Kanal-Dolby-Surround-Tonanlage wiedergegeben. Dies geschieht, wie oben erläutert, durch die Kombination einzelner Lautsprecherkanalsignale zu Kombinationssignalen.

[0053] Betrachtet ein Zuschauer nun zunächst z. B. eine Fernsehsendung mit 5-Kanalton, so kommt es bei der Verwendung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur mehrkanaligen Echokompensation bei gegebenen, raumakustischen Bedingungen zu einer Ermittlung bestimmter Filterkoeffizienten in dem in Fig. 2 gezeigten, adaptiven Filter 2. Schaltet der Zuschauer nun z. B. von der gerade betrachteten Fernsehsendung mit 5-Kanalton auf eine andere Fernsehsendung mit 2-Kanalton (Stereoton) um, so muß für die aus der Kanalkombinationsvorrichtung 5 ausgegebenen Signale erneut eine adaptive Anpassung durchgeführt werden, d. h. es müssen in dem adaptiven Filter 2 neue Filterkoeffizienten für den 2-Kanalfall berechnet werden. Schaltet der Zuschauer dann wieder zu der ursprünglich betrachteten Fernsehsendung mit 5-Kanalton zurück, so ist eine erneute Einregelung des adaptiven Filters für den 5-Kanalfall notwendig. Falls sich die raumakustischen Verhältnisse in der Zwischenzeit nicht geändert haben sollten, so wird das adaptive Filter 2 nunmehr für den 5-Kanalfall wiederum dieselben Filterkoeffizienten ermitteln, die bereits vor dem Umschalten von der 5-Kanaltonsendung auf die 2-Kanaltonsendung vorlagen. Um die mehr oder minder lange Zeitspanne einzusparen, die das adaptive Filter braucht, um wieder zu für den 5-Kanalfall passenden Filterkoeffizienten zu konvergieren, kann man mit

tels der Maßnahmen nach Anspruch 6 einfach auf die vor dem Umschalten von der 5-Kanalsendung auf die 2-Kanalsendung abgespeicherten, bei konstanten, raumakustischen Verhältnissen nach wie vor passenden Filterkoeffizienten zurückgreifen, die in dem Zwischenpuffer 6 zwischengespeichert worden sind.

[0054] Auch wenn es in der Zeitspanne bis zum erneuten Zurückschalten auf die 5-Kanalsendung zu einer Änderung der raumakustischen Verhältnisse gekommen sein sollte (z. B. weil Personen den Raum verlassen oder betreten haben), ist in der Praxis davon auszugehen, dass diese Änderungen so geringfügig sind, dass die in der Zwischenzeit im Zwischenpuffer 6 zwischengespeicherten Filterkoeffizienten immer noch relativ gut zu den neuen raumakustischen Verhältnissen passen und damit sehr gute Startwerte für einen erneuten Adaptionsvorgang des adaptiven Filters 2 sind, so dass aufgrund der vorgegebenen Startwerte der für das Errichten eines Konvergenzzustands der Filterkoeffizienten benötigte Zeitraum im Regelfall deutlich kürzer ist, als wenn das adaptive Filter mit willkürlichen Startwerten eine komplette Neuberechnung der adaptiven Filterkoeffizienten für den 5-Kanaltonfall bei geänderten raumakustischen Bedingungen durchführen müsste.

[0055] Dieses Verfahren der Zwischenspeicherung von vorab ermittelten Filterkoeffizienten ist natürlich auch dann sinnvoll, wenn zunächst von einer kleineren Zahl benutzter Audiokanäle (z. B. 2) auf eine größere Anzahl benutzter Audiokanäle (z. B. 5) umgeschaltet wird, und dann wieder zurückgeschaltet wird auf die ursprüngliche kleinere Anzahl.

[0056] Für die Kompensationseinheit wird auch bei nur  $C < D$  unabhängigen Audiokanälen ein D-kanaliges, adaptives Filter verwendet, da die Rechenleistung ohnehin für D Kanäle dimensioniert sein muß, um auch den Fall abdecken zu können, dass alle D Kanäle benutzt werden sollen.

[0057] Werden die übrigen D-C Lautsprechersignale mit einem der C tatsächlich benutzten Audiokanäle kombiniert, so können nicht mehr alle physikalisch richtigen Echopfade getrennt identifiziert werden; dies ist jedoch in diesem Fall nicht notwendig, da sich die Korrelation zwischen direkt miteinander verbundenen Lautsprechern nicht ändern kann.

#### Bezugszeichenliste

1 Mehrkanal-Audiosignalverarbeitungseinheit	
2 Adaptives Filter	45
5 Kanalkombinationsvorrichtung	
6 Puffer	
7 Transferlogik	
8 Datenleitung	
9, 10 bidirektionale Busleitung	50
11 unidirektionale Busleitung	
A1, ..., AD Abzweigleitungen	
L1, ..., LD Lautsprecher	
LK1, ..., LKD Lautsprecherkanäle	
LS1, ..., LSD Lautsprecherkanalsignale	55
M Mikrophon	
MK Mikrophonkanal	
V1, ..., VD Vorverarbeitungseinheiten	
a, b, c Betriebsphasen	
X, Y Anzahl von benutzten Kanälen	60

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur mehrkanaligen, akustischen Echokompensation für akustische Schnittstellen, welche umfaßt:  
eine Mehrkanal-Audiosignalverarbeitungseinheit (1); von der Mehrkanal-Audiosignalverarbeitungseinheit

(1) ausgehende D Audiosignalkanäle (LK1, ..., LKD); wobei jedem Audiosignalkanal je eine Audiosignalvorverarbeitungseinheit (V1, ..., VD) zugeordnet ist; wobei einem jedem Audiosignalkanal mindestens ein Lautsprecher (L1, ..., LD) zugeordnet ist;

wobei von jedem Audiosignalkanal zwischen der jeweils zugeordneten Vorverarbeitungseinheit (V1, ..., VD) und dem jeweils zugeordneten mindestens einen Lautsprecher (L1, ..., LD) je eine Abzweigleitung (A1, ..., AD) auf ein D-kanaliges, adaptives Filter (2) abzweigt;

ein an das adaptive Filter (2) angeschlossenes Mikrofon (M);

ein vom adaptiven Filter auf die Mehrkanal-Audiosignalverarbeitungseinheit (1) zurückführender Mikrophonkanal (MK);

dadurch gekennzeichnet,

dass zwischen den Vorverarbeitungseinheiten (V1, ..., VD) und den Lautsprechern (L1, ..., LD) eine Kanalkombinationsvorrichtung (5) vorgesehen ist, in der C (wobei  $C < D$ ) Lautsprecherkanäle kombinierbar sind, wodurch die verbleibenden D-C Vorverarbeitungseinheiten von den Lautsprechern (L1, ..., LD) entkoppelbar sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Übertragungsstrecke (8) zwischen der Mehrkanal-Audiosignalverarbeitungseinheit (1) und der Kanalkombinationsvorrichtung (5), über die die Zahl C der tatsächlich zu belegenden Kanäle von der Mehrkanal-Audiosignalverarbeitungseinheit (1) auf die Kanalkombinationsvorrichtung (5) übermittelbar ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch:

eine zwischen der Kanalkombinationsvorrichtung (5) und dem adaptiven Filter (2) angebrachte und mit diesen jeweils kommunizierende Transferlogik (7), und einen mit der Transferlogik (5) kommunizierenden Zwischenpuffer (4).

4. Vorrichtung zur mehrkanaligen, akustischen Echokompensation nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenpuffer eine Speicherfähigkeit für  $D \cdot L$  für von der Transferlogik übermittelte Filterkoeffizienten aufweist, wobei D die Kanalzahl des Systems und L die Anzahl der Filterkoeffizienten für jeweils einen Kanal bezeichnet.

5. Verfahren zur mehrkanaligen, akustischen Echokompensation für akustische Schnittstellen, wobei eine Anzahl von D Lautsprecherkanalsignalen jeweils einer Signalvorverarbeitung unterzogen wird, bevor sie auf Lautsprecher (L1, ..., LD) ausgegeben werden, die Lautsprecherkanalsignale zusätzlich auf eine Vorrichtung (2) zur adaptiven Filterung der Lautsprechersignale abgezweigt werden, wo die abgezweigten Lautsprechersignale einer adaptiven Anpassung zur Erzeugung eines Echokompensationssignals unterzogen werden, welches von einem Mikrophonsignal zum Zwecke der Echominimierung abgezogen wird, und die so echominimierten Mikrophonsignale auf eine Mehrkanal-Audiosignalverarbeitungseinheit (1) zur weiteren Verarbeitung und erneuten Ausgabe als Lautsprecherkanalsignale gegeben werden; dadurch gekennzeichnet,

dass nach der Signalvorverarbeitung einzelne der D Lautsprecherkanalsignale so kombiniert werden, dass nur noch  $C < D$  Kombinationssignale verbleiben, die auf zugeordneten C Lautsprecherkanälen zu D Lautsprechern geführt werden; und dass nur noch diese C Kombinationssignale einer adap-

tiven Anpassung unterzogen werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, welches als zusätzliche Schritte umfaßt, dass vor einer Veränderung einer Anzahl von X tatsächlich benutzten Kanäle auf  $Y \neq X$  tatsächlich benutzte Kanäle die für die X Kanäle zu einer adaptiven Anpassung zur Erzeugung eines Echokompensationssignals von einem adaptiven Filter (2) bereits identifizierten Filterkoeffizienten zwischengespeichert werden, und nach einer Rückveränderung der Anzahl von den Y Kanälen zurück auf die ursprünglich benutzte Anzahl von X Kanälen die zwischengespeicherten Filterkoeffizienten als Startwerte für die für eine erneute adaptive Anpassung notwendige Neuberechnung von Filterkoeffizienten verwendet werden, um die Konvergenz für die weitere Adaption zu beschleunigen. 15

---

Hierzu 3 Scite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

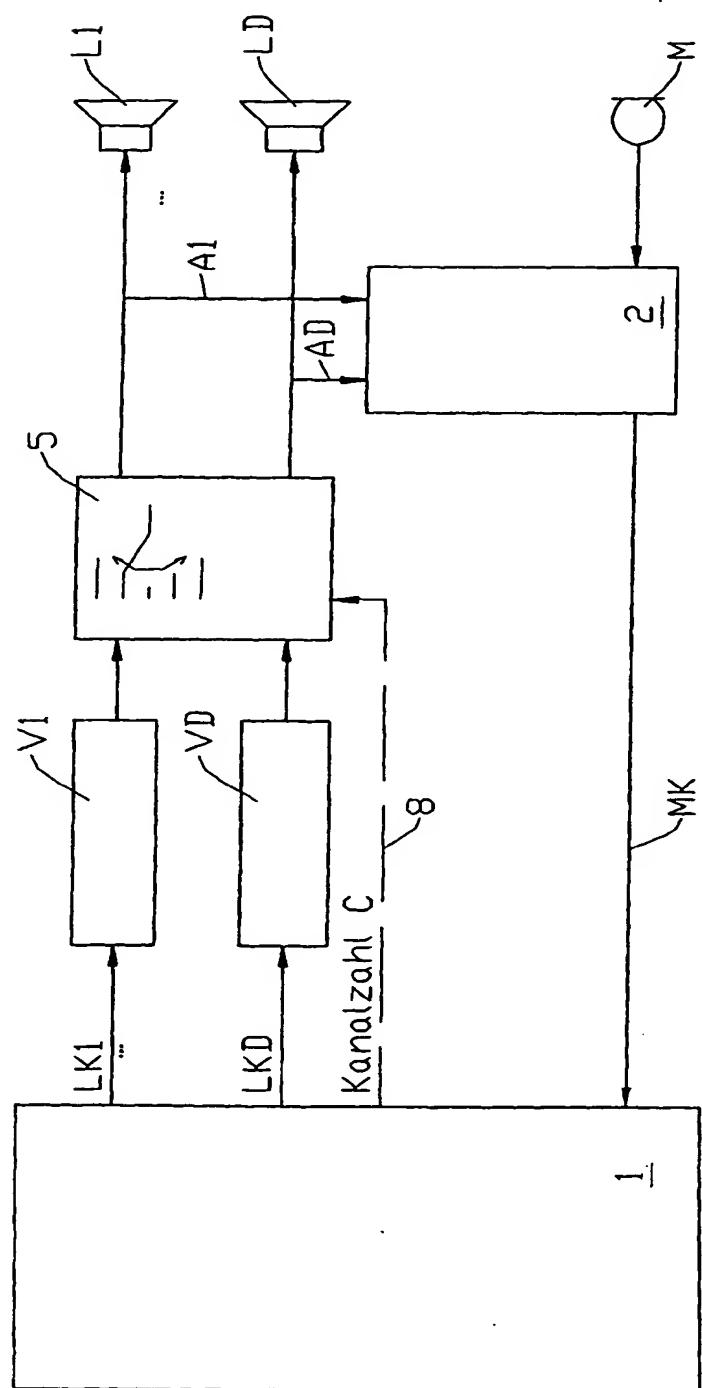


Fig. 1

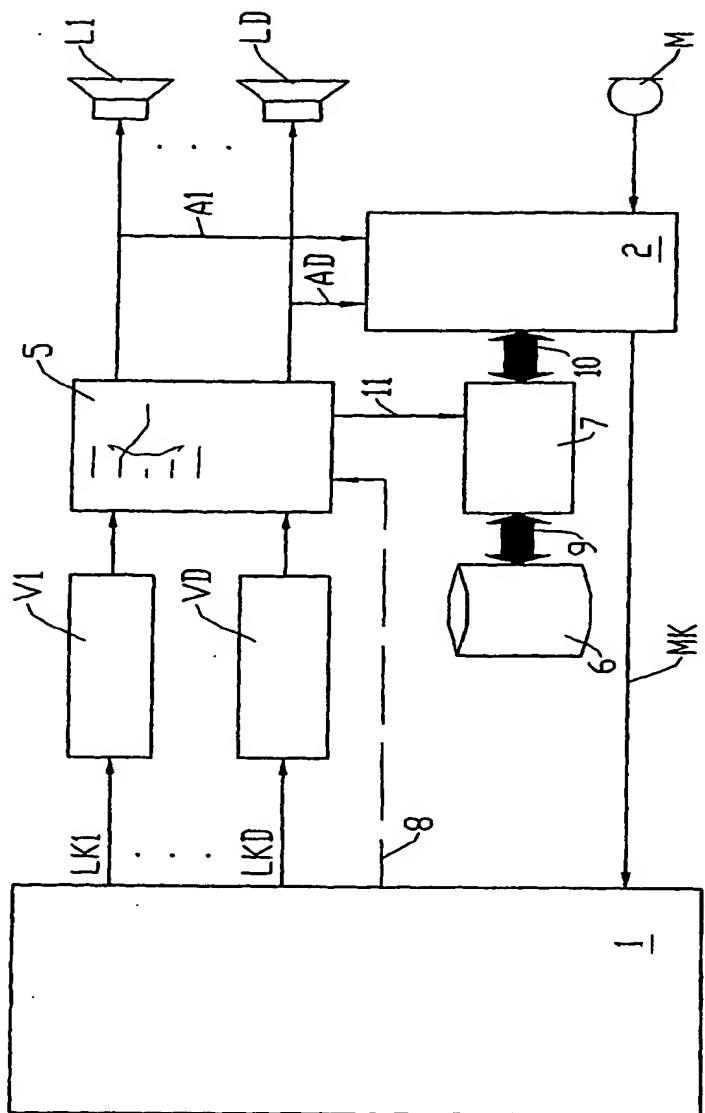


Fig. 2

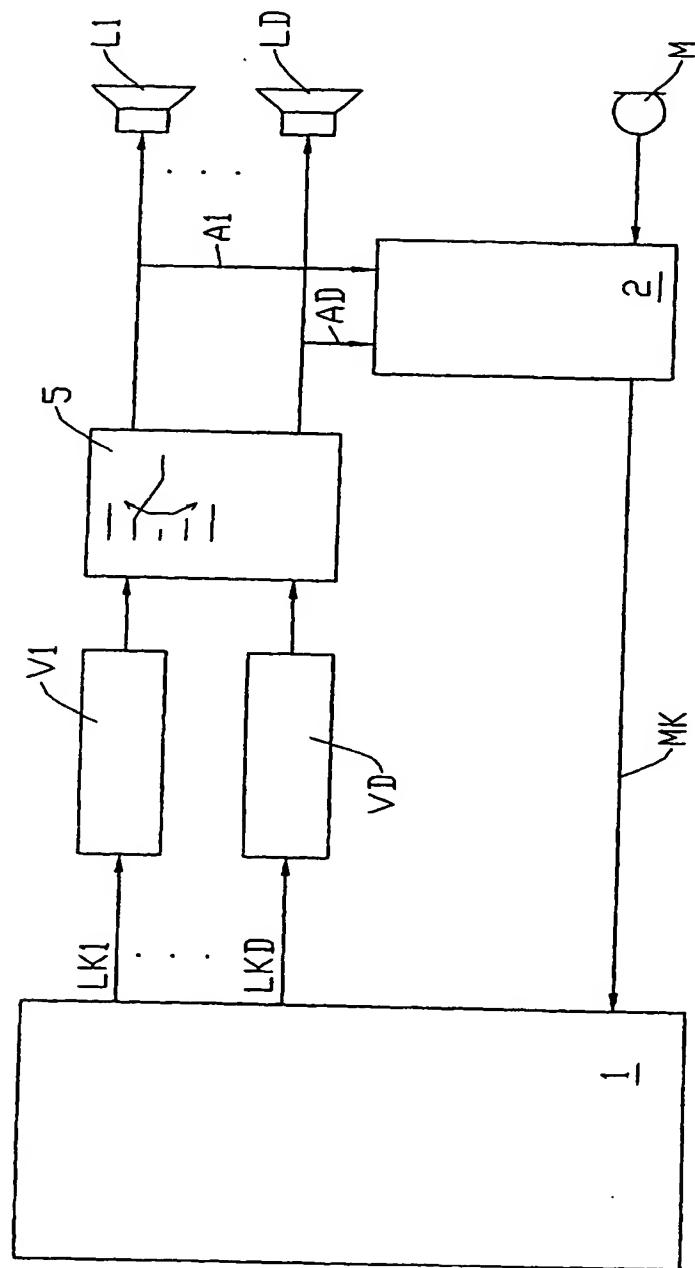


Fig. 3  
Stand der Technik